

Schworm, Silke; Hilbert, Tatjana; Renkl, Alexander
**Die Erstellung beispielbasierter Lehrmaterialien. Vergleich zweier
computerbasierter Lernumgebungen für Lehrende**

Unterrichtswissenschaft 33 (2005) 2, S. 160-183



Quellenangabe/ Reference:

Schworm, Silke; Hilbert, Tatjana; Renkl, Alexander: Die Erstellung beispielbasierter Lehrmaterialien. Vergleich zweier computerbasierter Lernumgebungen für Lehrende - In: Unterrichtswissenschaft 33 (2005) 2, S. 160-183 - URN: urn:nbn:de:0111-opus-57920 - DOI: 10.25656/01:5792

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-opus-57920>

<https://doi.org/10.25656/01:5792>

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Unterrichtswissenschaft

Zeitschrift für Lernforschung

33. Jahrgang / 2005 / Heft 2

Thema:

Förderung der Lernmotivation

Verantwortliche Herausgeberin:

Elke Wild

Elke Wild, Thiemo Müller-Kalthoff

Motivförderung. Internationale Sichtweisen und Befunde.....98

Allan Wigfield

Concept Oriented Reading Instruction – CORI.

Ein Programm zur Förderung der Lesemotivation im Unterricht.....106

Ruth Butler

Ein zielorientiertes Modell für Feedbackverfahren im Unterricht.

Implikationen für Lernmotivation und Schulstruktur.....122

Richard M. Ryan, Aislinn Sapp

Zum Einfluss testbasierter Reformen:

High Stakes Testing (HST). Motivation und Leistung

aus Sicht der Selbstbestimmungstheorie143

Allgemeiner Teil

Silke Schworm, Tatjana Hilbert, Alexander Renkl

Die Erstellung beispielbasierter Lehrmaterialien.

Vergleich zweier computerbasierter Lernumgebungen für Lehrende160

Buchbesprechungen.....184

Hinweise für Autoren189

Themenplanung192

Die Erstellung beispielbasierter Lehrmaterialien

Vergleich zweier computerbasierter Lernumgebungen für Lehrende

How to Design Example-Based Learning Materials. The Comparison of two Computer-Based Learning Environments for Teachers

Ziel dieser Arbeit ist es, eine computerbasierte Lernumgebung für Lehrende zu entwickeln, die vermittelt, wie beispielbasierte Lehrmaterialien lernförderlich zu gestalten sind. Hierzu wurde eine Kombination von Selbsterklärungsaufforderungen und instruktionalen Erklärungen implementiert, die die Vorteile beider instruktionalen Maßnahmen gleichermaßen zum Tragen bringen und für verschiedene Zielgruppen in gleicher Weise lernförderlich sein sollte. In vorangegangenen Studien zum beispielbasierten Lernen wurde gefunden, dass instruktionale Erklärungen, die zusätzlich zu Selbsterklärungsaufforderungen angeboten werden und gleichsam die Antworten auf diese Aufforderungen beinhalten, die Lernenden passiver werden lassen und den Lernerfolg damit beeinträchtigen können. Es zeigte sich ebenfalls, dass Lehramtstudierende verschiedener Ausbildungsgänge (didaktisch versus fachlich orientiert) mit der eingesetzten Lernumgebung unterschiedlich erfolgreich arbeiteten. In dieser Studie wurde eine alternative Art der Kombination von Selbsterklärungsaufforderungen und instruktionalen Erklärungen implementiert, und es wurden die Unterschiede der potenziellen Zielgruppen des Lernprogramms weitergehend untersucht. Es arbeiteten Lehramtstudierende (N = 48) der Pädagogischen Hochschule (didaktisch orientiert) und der Universität (fachlich orientiert) mit einem beispielbasierten Computerlernprogramm zur Gestaltung von Lehrmaterialien unter zwei Bedingungen: (1) Nur Selbsterklärungsaufforderungen; (2) Wechsel von anfänglichen instruktionalen Erklärungen zu Selbsterklärungsaufforderungen. Die Ergebnisse ergaben, dass Studierende der Universität den besten Lernerfolg in der Bedingung mit instruktionalen Erklärungen erzielten; Studierende der Pädagogischen Hochschule zeigten den besten Lernerfolg in der reinen Selbsterklärungsbedingung. Beide Gruppen bevorzug-

ten jedoch in ihrem Akzeptanzurteil die Programmversion mit den instruktionalen Erklärungen.

In order to teach teachers how to use worked-out examples in their classrooms a computer-based learning environment has been developed to provide knowledge about how to effectively design and combine worked-out examples. We intended to find a favorable combination of instructional explanations and self-explanation prompts that brings out the advantages of both instructional measures and fosters learning likewise in different potential target-groups (i.e. different programs). A recent study on example-based learning revealed that instructional explanations provided in addition to self-explanation prompts can lead to more passive learning behaviors and thereby impair learning. Additionally the results showed that teacher students of different programs (instructional orientation versus subject-matter orientation) differed in their ability to successfully learn with the implemented learning environment. In the current study a specific combination of instructional explanations and self-explanation prompts has been implemented and different target group were explicitly taken into account. Forty-eight future teachers of different courses of study were taught by a computer-based learning environment how to effectively design learning materials. There were two different learning conditions: (1) learning was fostered only by self-explanation prompts, (2) during the course instructional support changed from the provision of instructional explanations to self-explanation prompts. The results showed that student teachers from a subject-matter oriented program showed the highest learning outcomes if they had been supported by instructional explanations; while future teachers from an instructionally oriented program learned most successfully when they had been supported by self-explanation prompts only. Both groups clearly preferred the learning environment which contained instructional explanations.

Das diesem Beitrag zugrunde liegende Projekt ist Teil des DFG-Schwerpunktprogramms BIQUA, mit dem angestrebt wird, eine Grundlage zur Verbesserung der Qualität des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts an deutschen Schulen zu schaffen. Dieses Programm greift das Problem auf, dass deutsche Schüler in internationalen Studien (TIMSS, PISA) eher mäßig abschnitten (Baumert, 2001; Baumert, Bos & Lehmann, 2000; Baumert et al., 1997). Entsprechend werden im Rahmen fachdidaktischer, pädagogischer und pädagogisch-psychologischer Forschung Anstrengungen unternommen, Ursachen zu entdecken und potenzielle Wege zur Problemlösung aufzuzeigen. Ebenso bedeutsam wie die Erforschung des Phänomens und seiner Ursachen ist jedoch die Implementation der gefundenen Ergebnisse in die Praxis. Die Entwicklung computerbasierter Lernumgebungen und deren Einsatz in der Fortbildung Lehrender eröffnet Möglichkeiten für die wissenschaftliche Lehr-Lern-Forschung, Einfluss auf die alltägliche Lehrpraxis an deutschen Schulen zu nehmen. Im Rahmen der hier vorgestellten Studie

wurde dieses Potenzial in zweierlei Hinsicht umgesetzt. (Angehende) Lehrer lernten mit Hilfe einer computerbasierten Lernumgebung beispielbasierte Lehrmaterialien in den Fächern Mathematik und Physik zu erstellen. Gleichzeitig erfolgte die Vermittlung des Wissens selbst beispielbasiert. Dabei wurde untersucht, ob die Bereitstellung unterschiedlicher Lernhilfen den angehenden Lehrenden half, sich entsprechendes Wissen anzueignen. Die Untersuchungsbefunde dienen wiederum der Weiterentwicklung des von uns entwickelten Lernprogramms zur Fortbildung von Lehrenden.

1. Beispielbasierte Lehrmaterialien

1.1 Lösungsbeispiele und gelöste Beispielprobleme

Lösungsbeispiele bestehen aus einer Problemstellung, Lösungsschritten und der endgültigen Lösung selbst. Sie werden häufig in Mathematik- und Physikbüchern verwendet, in denen sie im Allgemeinen der Erklärung oder Erarbeitung eines Prinzips oder eines Gesetzes folgen. Beim traditionellen Vorgehen stellt typischerweise ein Lösungsbeispiel das Prinzip oder Gesetz in einem Anwendungskontext dar. Meist soll der Lernende darauf folgend eigenständig Aufgaben bearbeiten. Dieses frühzeitige eigenständige Bearbeiten von Aufgaben – ohne dass zuvor ein Verständnis der zugrunde liegenden Prinzipien sicher gestellt worden wäre – erfordert vielfach den Einsatz von generellen Problemlöse-Heuristiken (z.B. Ziel-Mittel-Analyse), die in hohem Maße kognitive Ressourcen in Anspruch nehmen. Damit steht für ein tiefergehendes Verständnis des Lösungsweges oder für die Konstruktion abstrakter Schemata nur mehr wenig oder keine kognitive Kapazität zur Verfügung.

Beim Lernen aus Lösungsbeispielen wird die sonst üblicherweise kurze Lernphase zwischen der Behandlung eines Prinzips/Gesetzes und dem Lösen von Rechenaufgaben verlängert. Es werden mehrere Lösungsbeispiele verwendet und die Phase des Lösungsbeispielstudiums wird somit ausgeweitet, um den Lernenden ausreichend Möglichkeiten zum Aufbau von Verständnis und der Konstruktion abstrakter Schemata zu geben. Damit entfällt die Anforderung des frühzeitigen Problemlösens "ohne Verständnis" und für den Lernprozess stehen ausreichend kognitive Ressourcen zur Verfügung (Renkl, Gruber, Weber, Lerche & Schweizer, 2003).

Wie eine Vielzahl von Untersuchungen zeigen konnte, ist ein derartiges Lernen aus Lösungsbeispielen in der Regel dem üblichen Vorgehen (ein Lösungsbeispiel, dann Aufgaben) überlegen (vgl. z.B. Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998). Dabei kann aus Lösungsbeispielen die "einfache" Anwendung von Algorithmen oder Ähnlichem erlernt und darüber hinaus ein Verständnis der Lösungslogik erreicht werden, was Transferleistungen fördert. Wie viel dann aber Schüler letztendlich mit Hilfe von Lösungsbeispielen lernen, hängt unter anderem davon ab, wie die im Unterricht einge-

setzten Lösungsbeispiele gestaltet und kombiniert sind (Atkinson, Derry, Renkl & Wortham, 2000; Renkl, in Druck).

In der hier vorgestellten Studie wurde eine computerbasierte Lernumgebung eingesetzt, die (angehenden) Lehrern Kenntnisse über ein lernförderliches Design und eine effektive Kombination von Lösungsbeispielen vermittelt. Die Vermittlung der angegebenen Inhalte erfolgte wiederum beispielbasiert (Übereinstimmung von Lerninhalt und Lernmethode). Es wurden günstig und ungünstig gestaltete Lösungsbeispiele vorgegeben, die in Design und Kombination hinsichtlich ihrer Eignung für den Schulunterricht zu beurteilen waren. Den Lernenden standen hierbei jedoch keine expliziten Lösungsschritte zur Verfügung, da die Gestaltung eines Lösungsbeispiels, im Gegensatz zur Lösung einer Mathematikaufgabe, kein algorithmischer Prozess ist (ähnlich wie beispielsweise die Gestaltung einer Maske im Kunstunterricht, wo keine klare Abfolge von Schritten vorgegeben werden kann, die die Erstellung einer „guten“ Maske garantiert). Wir nennen diese Art des Beispiels „gelöstes Beispielproblem“. Es zeigte sich in bereits durchgeführten Studien, dass eine solche beispielbasierte Lernumgebung geeignet ist, (angehenden) Lehrern Kenntnisse über die Gestaltung und Kombination von Lösungsbeispielen zu vermitteln (vgl. Schworm & Renkl, 2002a, 2002b). Der Einsatz von Lösungsbeispielen oder gelösten Beispielproblemen garantiert jedoch nicht den Lernerfolg. Lernende profitieren nur dann substantiell von Beispielen, wenn sie sich das Rationale der Lösung bewusst machen: Dies wird im folgenden Abschnitt näher dargelegt.

1.2 Selbsterklärungen und instruktionale Erklärungen.

Eine erfolgreiche Methode, sich ein Verstehen von Beispielen zu erarbeiten, ist es, sich die dargebotene Lösung aktiv selbst zu erklären (Chi, Bassok, Lewis, Reimann & Glaser, 1989; Renkl, 1997; Renkl, Stark, Gruber & Mandl, 1998). Dabei ist es besonders förderlich, wenn sich Lernende den Sinn einer Operation bewusst machen, indem sie beispielsweise versuchen das zugrunde liegende Prinzip zu erkennen. Lernende tendieren jedoch dazu, sich vorgegebene Beispiele nur oberflächlich selbst zu erklären, wobei keine tiefere Verarbeitung der Inhalte erfolgt (Renkl, 1997, 1999). Um diesen Effekt zu vermeiden, hat es sich als sinnvoll erwiesen, Lernende zur Selbsterklärungsaktivität aufzufordern (z.B. Atkinson, Renkl, & Merrill, 2003; Chi, DeLeeuw, Chiu & Lavancher, 1994; Schworm & Renkl, 2002a, 2002b). Selbst wenn man jedoch Lernende mit Hilfe von Aufforderungen zu mehr Selbsterklärungsaktivität bringen kann, hätte eine Lernumgebung, die ausschließlich auf Selbsterklärungsaufforderungen basiert, dennoch einige Nachteile. Lernenden kann es z.B. nicht möglich sein Selbsterklärungen vorzunehmen, weil ihnen das Verständnis für die Lösung an einer bestimmten Stelle fehlt, oder sie geben falsche Selbsterklärungen und unterliegen der Illusion, den Lerninhalt verstanden zu haben (Renkl, 1999). Es erscheint also sinnvoll, den Lernprozess zusätzlich mit anderen instruktionalen Maßnahmen zu un-

terstützen. Eine mögliche Form bietet hier der Einsatz instruktionaler Erklärungen (Renkl, 2001, 2002).

Instruktionale Erklärungen haben jedoch in Bezug auf Selbsterklärungen nicht nur positive, ergänzende und korrigierende Funktion, sondern sie können auch dazu führen, dass Lernende ihre Anstrengungen, das Rationale eines Beispiels selbst zu erkennen reduzieren (vgl. Aleven & Koedinger, 2000; Kulhavy, 1977), was sich negativ auf den Lernerfolg auswirkt. Beispiele für Selbsterklärungen und instruktionale Erklärungen im Kontext dieser Studie werden unter anderem im Abschnitt der Beschreibung der eingesetzten Lernumgebung angeführt.

Die eher ambivalente Wirkung von instruktionalen Erklärungen zeigte sich in der Studie von Schworm und Renkl (2002a, 2002b). Wie bereits beschrieben, wurde hier eine beispielbasierte Lernumgebung eingesetzt, die (angehenden) Lehrern Kompetenzen für die Erstellung beispielbasierter Lehrmaterialien in Mathematik und Physik vermitteln sollte. Es wurde ein 2x2-faktorielles Experiment durchgeführt: Faktor 1: Aufforderungen zur Selbsterklärung (mit und ohne); Faktor 2: instruktionale Erklärungen (mit und ohne). Da die computerbasierte Lernumgebung mit dem Ziel erstellt wurde, für Ausbildungskontexte unterschiedlichster Art einsetzbar zu sein, wurde weiterhin die Zielpopulation differenziert (Lehramtstudierende mit didaktisch orientierter Ausbildung an der Pädagogischen Hochschule versus Lehramtstudierende mit fachlich orientierter Ausbildung an der Universität). Die Ergebnisse zeigten einen klaren Vorteil der Selbsterklärungsaufforderungen. Instruktionale Erklärungen in Kombination mit Selbsterklärungsaufforderungen waren dem Lernerfolg dagegen eher abträglich. Dass die instruktionalen Erklärungen aber nicht generell abträglich waren, zeigte sich im Vergleich der Gruppe ohne instruktionale Unterstützung mit der Gruppe, die ausschließlich instruktionale Erklärungen erhielt. Hier verbesserten die instruktionalen Erklärungen sehr wohl den Lernerfolg.

Wie Prozessanalysen zeigten, lag die Ursache für den abträglichen Effekt der instruktionalen Erklärungen bei gleichzeitiger Vorgabe von Selbsterklärungsaufforderungen in einer reduzierten Selbsterklärungsaktivität, d.h. wenn die Lernenden sich die Beispiele erklären lassen konnten, nahmen sie selbst weniger korrekte Selbsterklärungen in Reaktion auf die Selbsterklärungsaufforderungen vor. Das Ausmaß an korrekten Selbsterklärungen (Selbsterklärungsaktivität) hatte wiederum einen substanziellen Einfluss auf den Lernerfolg.

Ein weiterer Befund der Studie von Schworm und Renkl (2002a, 2002b) war, dass sich Unterschiede im Lernerfolg zwischen den verschiedenen Zielpopulationen einstellten. Lehramtstudierende in fachlich orientierter Ausbildung (Universität) schnitten im Vergleich zu den Studierenden mit didaktisch orientierter Ausbildung (Pädagogische Hochschule) im "objektiven" Lernerfolg besser ab und schätzten dies auch subjektiv so ein.

Mit dieser Studie von Schworm und Renkl konnte also belegt werden, dass Selbsterklärungen nicht nur beim Studium von Lösungsbeispielen, sondern auch beim Lernen mit gelösten Beispielproblemen den Lernerfolg mitbestimmen. Damit wären die zahlreichen Befunde zum Selbsterklärungseffekt auch auf weniger gut strukturierte Inhaltsbereiche übertragbar. Aber auch der ambivalente Effekt instruktionaler Erklärungen trat beim Lernen aus gelösten Beispielproblemen erneut auf. Es stellt sich damit die Frage, wie die Vorteile instruktionaler Erklärungen zum Ausgleich der Nachteile von Selbsterklärungen genutzt werden können, ohne gleichzeitig deren positiven Einfluss zu reduzieren.

2. Fragestellung

Aus den Ergebnissen der Studie von Schworm und Renkl (2002a, 2002b) ergeben sich folgende weiterführende Fragen: (1) Wie können instruktionale Maßnahmen wie beispielsweise Selbsterklärungsaufforderungen und instruktionale Erklärungen im Rahmen einer computerbasierten Lernumgebung so eingesetzt werden, dass die Vorteile beider Maßnahmen zum Tragen kommen? (2) Welche Faktoren bedingen die Unterschiede zwischen Lehramtstudierenden mit didaktisch orientierter Ausbildung (Pädagogische Hochschule) und Lehramtstudierenden mit fachlich orientierter Ausbildung (Universität) und wie können diese Unterschiede instruktional ausgeglichen werden?

Als erstes Ziel dieser Arbeit wurde der Frage nach einer effektiven Kombination von instruktionalen Erklärungen und Selbsterklärungsaufforderungen nachgegangen. Lernende sollten bei der Bearbeitung des Lernprogramms die dargebotenen gelösten Beispielprobleme möglichst aktiv verarbeiten, indem sie sich das Gestaltungsrationale primär selbst erklären. Dabei wurde versucht, die zuvor genannte Problematik des ausschließlichen Einsatzes von Selbsterklärungsaufforderungen (das Risiko von Verständnisillusionen und Verständnisproblemen) zu überwinden und instruktionale Erklärungen derart zu implementieren, dass sie den Lernenden in der Verarbeitung der Lerninhalte unterstützen ohne den Selbsterklärungsprozess zu stören. Hierzu wurde das von Schworm und Renkl (2002a, 2002b) verwendete Modul der computerbasierten Lernumgebung dahingehend variiert, dass ein Übergang zwischen einer Lernphase mit instruktionalen Erklärungen zu einer Lernphase mit reinen Selbsterklärungsaufforderungen implementiert wurde. Dies geschah einerseits, um zu vermeiden, dass die Lernenden in der Phase der Selbsterklärungsaufforderungen die direkte Möglichkeit hatten, wie bei Schworm und Renkl (2002a, 2002b), die Antworten zu den Aufforderungen nachzusehen, ohne sich selbst hinreichend um eine Selbsterklärung bemüht zu haben. Andererseits besteht die Möglichkeit, dass in der Studie von Schworm und Renkl die Kombination von Selbsterklärungsaufforderungen und instruktionalen Erklärungen die kognitive Belastung der Lernenden erhöhte (Gerjets, Scheiter & Kleinbeck, in Druck). Diese Belastung kann

durch eine Trennung der beiden instruktionalen Maßnahmen – zunächst instruktionale Erklärungen, dann Selbsterklärungen – reduziert werden. Dadurch werden in der zweiten Lernphase Redundanzen zwischen Selbsterklärungen und instruktionalen Erklärungen vermieden. Dies erscheint sinnvoll, da nach ersten instruktionalen Erklärungen bzw. Selbsterklärungen zu erwarten ist, dass Lernende bereits einiges Wissen erworben haben. Wenn nun bestehendes Wissen und redundante Erklärungen in Bezug zueinander gestellt werden, so resultiert daraus kaum neues Wissen, jedoch unproduktive kognitive Belastung (vgl. den sog. Redundanzeffekt der Cognitive Load Theory; Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998).

Das zweite Ziel beschäftigt sich mit den von Schworm und Renkl (2002a, 2002b) gefundenen Unterschieden zwischen den Studierenden unterschiedlicher Studiaausrichtung. Das computerbasierte Lernprogramm zur Vermittlung von Kenntnissen über die Verwendung beispielbasierter Lehrmaterialien in Mathematik und Physik, sollte möglichst schul- und klassenstufenübergreifend einsetzbar sein. Daher wäre es wünschenswert, dass der Lernerfolg bei Studierenden aller Ausbildungsgänge gleichermaßen gewährleistet ist. In der Studie von Schworm und Renkl (2002a, 2002b) wurde das Vorwissen bzgl. der Domänen (Geometrie, Physik) anhand deren die Lerninhalte (Gestaltungsmerkmale von Lösungsbeispielen) vermittelt wurden nicht erfasst. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dass jenes Domänenwissen die Selbsterklärungsaktivität und damit den Lernprozess spezifisch beeinflusste, wie die Befunde von Lind und Sandmann (2003) nahe legen, die Selbsterklärungen von Domänenexperten und Novizen verglichen. Die aktuelle Studie überprüfte dementsprechend, inwieweit sich die bei Schworm und Renkl (2002a, 2002b) gefundenen Unterschiede replizieren lassen und ob diese in der Art der Ausbildung sowie der damit einhergehenden Unterschiede im Vorwissen bezüglich der im Lernprogramm verwendeten Inhalte (Strahlensatz und Kinematik) in Verbindung stehen.

Konkret resultieren daraus folgende Fragestellungen:

1. Ergeben sich Unterschiede zwischen Lehramtstudierenden an der Pädagogischen Hochschule (didaktisch orientierte Ausbildung) und an der Universität (fachwissenschaftlich orientierte Ausbildung) im objektiven Lernerfolg, im subjektiven Lernerfolg oder in der Akzeptanz der Lernumgebung? Falls ja, sind diese auf Unterschiede im domänenspezifischen Vorwissen zurückzuführen?
2. Fördert der Übergang von instruktionalen Erklärungen zu Selbsterklärungsaufforderungen den Lernerfolg beim Lernen aus gelösten Beispielen?
3. Welchen Einfluss nehmen die instruktionalen Maßnahmen auf die Selbsterklärungsaktivität?

4. Führen die unterschiedlichen instruktionalen Maßnahmen zu Unterschieden in der Akzeptanz der Lernumgebung und im subjektiven Lernerfolg?

3. *Methoden*

3.1 **Stichprobe und Design**

Es wurde ein 2x2-faktorielles Experiment durchgeführt (Faktor 1: Instruktionale Maßnahme [ausschließlich Selbsterklärungsaufforderungen und eine Kombination von Selbsterklärungsaufforderungen und instruktionalen Erklärungen], Faktor 2: Studienart [Studierende der Pädagogischen Hochschule und Studierende der Universität]). Es nahmen 48 Lehramtstudierende der Fächer Mathematik oder Physik an der Untersuchung teil. Die Teilnehmenden erlernten in einer computerbasierten Lernumgebung anhand von gelösten Beispielproblemen, wie Lösungsbeispiele lernförderlich zu gestalten sind. Sie bearbeiteten insgesamt zehn gelöste Beispielprobleme. Dabei erhielt die Gruppe mit ausschließlich Selbsterklärungsaufforderungen bei allen gelösten Beispielproblemen Selbsterklärungsaufforderungen. Die Gruppen mit den kombinierten instruktionalen Maßnahmen, bei denen ein Übergang von instruktionalen Erklärungen zu Selbsterklärungsaufforderungen implementiert wurde, erhielten zu den gelösten Beispielproblemen der ersten Domäne (Geometrie: Strahlensatz) jeweils instruktionale Erklärungen und bei den folgenden gelösten Beispielproblemen der zweiten Domäne (Physik: Kinetik) wurden ihnen dann Aufforderungen zur Selbsterklärung dargeboten.

Von den 48 Probanden waren 24 Studierende der Pädagogischen Hochschule, 24 absolvierten ein Universitätsstudium. Die Studierenden waren durchschnittlich 22.2 Jahre alt und erhielten für ihre Teilnahme 15 €.

3.2 **Die Lernumgebung**

Die Lernumgebung der Versuchsbedingung mit ausschließlich Aufforderungen zur Selbsterklärung war identisch mit jener, die in der Untersuchung von Schworm und Renkl (2002a, 2002b) verwendet wurde und die sich dort als die lernförderlichste erwies. Das Programmmodul enthielt eine kurze Einführung in das Lernen mit Lösungsbeispielen. Anschließend wurden Beispiele für Lösungsbeispiele bzw. für Sets von Lösungsbeispielen vorgegeben, die inhaltlich aus der Geometrie und aus mathematisierten Bereichen der Physik kamen. Thematisch wurden exemplarisch Kenntnisse über zwei Beispielmerkmale vermittelt.

(a) Integriertes versus fraktioniertes Format: Lösungsbeispiele, die graphische und textuelle Informationen enthalten sind vielfach ungünstig gestaltet (z.B. Tarmizi & Sweller, 1988). Wenn ein Lösungsbeispiel aus mehreren Informationsquellen besteht (fraktioniertes Format), wird ein Abgleich notwendig, der kognitive Kapazität in Anspruch nimmt. Diese steht dann für den Lernprozess nicht mehr zur Verfügung. Dieser negative Effekt lässt sich vermeiden, indem die entsprechenden Lösungsbeispiele in ein integriertes Format überführt werden, d.h. Informationen aus verschiedenen

Quellen ineinander integriert werden (Mwangi & Sweller, 1998; Ward & Sweller 1990). Abbildung 1 zeigt eine exemplarische Bildschirmseite aus dem Lernprogramm, die ein gelöstes Beispielproblem zum integrierten Format darstellt. Das gelöste Beispielproblem besteht aus zwei Lösungsbeispielen. Das linke Lösungsbeispiel wird in einem fraktionierten, das rechte Lösungsbeispiel in einem integrierten Format dargeboten. Beide Lösungsbeispiele enthalten dieselbe Informationsmenge. Im fraktioniert formatierten Lösungsbeispiel erfordert die Zuordnung von Informationen aus Rechnung, Text und Graphik ein hohes Maß an kognitiven Ressourcen. Diese stehen dann nicht mehr für das Verständnis der Strahlensatzaufgabe zur Verfügung.

(b) Strukturbetonende Beispielsequenz: Bei der Behandlung eines Problemtyps sollten immer mehrere Beispiele verwendet werden, die sich in ihren Oberflächenmerkmalen unterscheiden (Zahlen, Gegenstände). Zum Vergleich der Aufgaben aufgefordert, kann der Lernende die zu Grunde liegende strukturelle Gemeinsamkeit erkennen. Wenn jedoch nicht nur das Lösen eines, sondern mehrerer Aufgabentypen zu erlernen ist (z.B. erster und zweiter Strahlensatz), beurteilen die Lernenden die Ähnlichkeit zweier Aufgaben häufig danach, inwieweit klar ersichtliche Oberflächenmerkmale übereinstimmen (z.B. wenn in beiden Aufgaben Thomas sein neues Spielzeugauto ausprobiert) und nicht danach, inwieweit ihnen dieselben strukturellen Merkmale zugrunde liegen (z.B. wenn einmal die konstante Geschwindigkeit des Autos, in der anderen Aufgabe jedoch die Beschleunigung berechnet werden soll). Als Konsequenz verwenden sie häufig den falschen Lösungsweg, da sie das Lösungsrationale der ersten Aufgabe ohne tiefergehende Reflexion auf die zweite Aufgabe übertragen. Bei der Behandlung verschiedener, aufeinander bezogener Problemtypen sollten mehrere Lösungsbeispiele so zusammengestellt werden, dass lösungsrelevante, strukturelle Merkmale hervortreten ("unabhängige" Variation von Oberflächenmerkmalen und Strukturmerkmalen; Quilici & Mayer, 1996).


Die Aufforderungen zur Selbsterklärung bestanden aus Aufforderungen, schriftlich in ein entsprechendes Textfeld Begründungen dafür einzugeben, warum bestimmte Lösungsbeispiele günstig oder auch ungünstig sind. Eine Aufforderung sieht dann beispielsweise folgendermaßen aus: „Bei welchem Beispiel fällt es Michaela leichter, die gegebenen und gesuchten Strecken in der Abbildung zu identifizieren? Warum?“ (Michaela ist eine zuvor im Programm eingeführte fiktive Schülerin). Eine exemplarische Antwort ist hier: „Beim [Beispiel im] integrierten Format, da die dazugehörigen Meterangaben schon in der Zeichnung gegeben sind. M. [Michaela] kann also gleich mit dem Rechnen beginnen, während sie beim fraktionierten Format sie erst zuteilen muss.“

Die instruktionalen Erklärungen, die die Lernenden der zweiten Versuchsbedingung erhielten, verbanden die Prinzipien der Lerninhalte mit den Merkmalen der dargebotenen Beispiele, erklärten also, warum beispiels-

weise ein Lösungsbeispiel lernförderlicher gestaltet ist als ein anderes, oder auch warum eine bestimmte Kombination von Beispielen günstig wäre. Sie wurden über eine Schaltfläche, die das Portrait eines fiktiven, im Programm eingeführten Expertenlehrers zeigt, aufgerufen (siehe Abb. 1). Entsprechend einschlägiger Befunde zum Modalitätseffekt in der Multimedia-Forschung (z.B. Mayer, 1997; Mayer & Moreno, 2003) wurden sie akustisch dargeboten. Um den damit verbundenen Nachteil der "Flüchtigkeit" gesprochenen Textes zu vermeiden, konnten nach der akustischen Darbietung aber zusätzlich, falls dies die Lernenden wünschten, die Erklärungen schriftlich dargestellt werden. Ein Ausschnitt der instruktionalen Erklärung zu dem in Abbildung 2 dargebotenen gelösten Beispielproblem lautete beispielsweise wie folgt: „Hier auf der linken Bildschirmhälfte sehen Sie das Lösungsbeispiel im fraktionierten Format. Ihnen fallen wahrscheinlich sofort die beiden unterschiedlichen Informationsquellen auf, nämlich Rechnung und Grafik. Die Variablen der Rechnung beziehen sich auf bestimmte Strecken der Grafik, wie etwa die Schattenlänge des Baums. Um herauszufinden, welche Werte die Variablen haben, also wie groß etwa der Wanderer ist, muss man im Text nachschauen. Durch diese Zuordnung von Informationen der Rechnung zu Informationen der Graphik, bzw. des Textes, wird ein großer Teil der Aufmerksamkeit Ihrer Schüler beansprucht. Dies erschwert ihnen die Bearbeitung der Aufgabe. Im zweiten Lösungsbeispiel auf der rechten Bildschirmhälfte ...“ (Die Aufmerksamkeit des Lernenden wird während der akustischen Darbietung z.B. durch Pfeile auf die entsprechende Stelle des gelösten Beispielproblems gelenkt).

Die Zeichnung zeigt die sogenannte Schattenmethode zur Bestimmung der Höhe eines Baums. Verglichen wird hier die Schattenlänge des Baums mit der eines Wanderers. Bestimme die Höhe des Baums.

Fraktioniertes Format



Der Schatten des Baums (c+d) ist 25m lang. Der Wanderer (a) wirft bei einer Größe von 1,80m einen Schatten (c) von 1,50m.

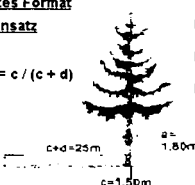
1. Strahlensatz:
 $a/b = c/d$
 oder
 $a/(a+b) = c/(c+d)$

$H = a * (c+d) / c$
 $H = 1,80 * 25 / 1,50$
 $H = 30$

Der Baum ist 30 m hoch

Integriertes Format

1. Strahlensatz
 $a/b = c/d$
 oder
 $a/(a+b) = c/(c+d)$



$H = a * (c+d) / c$
 $H = 1,80 * 25 / 1,50$
 Der Baum ist 30 m hoch

Weiter mit mir




Abb. 1.: Exemplarische Seite eines gelösten Beispielproblems mit der Aufforderung, über eine zusätzliche Schaltfläche eine Erklärung aufzurufen.

Im Unterschied zu der Untersuchung von Schworm und Renkl (2002a, 2002b) ist der Aufruf der instruktionalen Erklärungen nicht fakultativ: Die Lernenden können erst mit dem Programm fortfahren, wenn die entsprechende instruktionale Erklärung aufgerufen wurde.

3.3 Versuchsablauf

Die Untersuchung erfolgte in Gruppensitzungen, die etwa drei Stunden in Anspruch nahmen. Die Teilnehmenden begannen mit einem Vortest zum Domänenwissen, da informelle Beobachtungen aus der Untersuchung von Schworm und Renkl (2002a, 2002b) ergaben, dass erhebliche Kompetenzunterschiede zwischen den Lernenden in den verwendeten Inhaltsdomänen der Lernumgebung (Strahlensatz und Kinematik) bestanden und somit ein Einfluss des Domänenwissens auf die Nachtestleistung denkbar war.

Das danach bearbeitete Lernprogramm wurde von allen Lernenden in der vorgegebenen Reihenfolge bearbeitet. Eine Rückwärtsnavigation war nicht möglich. Das Programm begann mit einem Lehrtext zu den grundlegenden Prinzipien des Einsatzes, der Gestaltung und der Kombination von Lösungsbeispielen im Unterricht. Anschließend wurden den Lehramtstudierenden im Lernprogramm günstige und ungünstige Lösungsbeispiele aus der Mathematik und der Physik (mathematiknahe Bereiche) dargeboten. Durch die Verwendung unterschiedlicher Inhaltsgebiete, aus denen die Lösungsbeispiele entnommen wurden, sollte die Transferierbarkeit der erworbenen Kenntnisse über verschiedene Bereiche der Mathematik und Physik hinweg erhöht werden. Merkmale des Lernprozesses wurden in beiden Gruppen über das Aufzeichnen der schriftlichen Eingaben erfasst, objektiver Lernerfolg sowie subjektiver Lernerfolg und Akzeptanz über einen Nachtest beziehungsweise einen Fragebogen.

3.4 Materialien und Instrumente

Vortest: Erfassung des Domänenwissens. Das domänenspezifische Vorwissen wurde im Rahmen von insgesamt vier Aufgaben erfasst, die in Struktur und Schwierigkeit den im Programm verwendeten Lösungsbeispielen entsprachen. Zwei Aufgaben behandelten die Thematik des Strahlensatzes, wobei jeweils eine Aufgabe mit dem ersten bzw. dem zweiten Strahlensatz zu lösen war. Die beiden Physikaufgaben bestanden aus einer Aufgabe zur Berechnung einer konstanten Geschwindigkeit und einer Aufgabe zur Berechnung einer Beschleunigung.

Nachtest: Erfassung der Lernleistung. Die verwendeten Aufgaben und deren Bewertungsprozedur waren identisch mit jenen, die bereits Schworm und Renkl (2002a, 2002b) in ihrer Studie einsetzten. Es mussten aus vorgegebenen Lösungsbeispielen geeignete ausgewählt (integriertes Format) bzw. zusammengestellt (strukturbetonende Beispielsequenz) werden. Die Auswahlaufgaben stammten aus der Geometrie, mathematiknahen Bereichen der Physik und der Arithmetik. Bei den Aufgaben aus der Geometrie und der Physik kamen Lösungsbeispiele zum Einsatz, die in Inhalt und

Schwierigkeitsgrad den Lösungsbeispielen des Lernprogramms sehr ähnlich waren. Die Übertragung des Wissens über integriertes Format und strukturbetonende Beispielsequenzen erforderte hier nur in geringem Maß eine Transferleistung (naher Transfer). Arithmetik war dagegen eine Inhaltsdomäne, die im Lernprogramm nicht zum Einsatz kam. Es war hier demnach anzunehmen, dass die Anwendung der erworbenen Kenntnisse eine höhere Transferleistung erforderte (weiter Transfer). Pro Transferbereich gab es drei Aufgaben mit steigendem Komplexitätsgrad. Die Teilnehmenden erhielten pro Aufgabe eine unterschiedliche Anzahl an Lösungsbeispielen. Dabei hatten sie je nach Fragestellung die Aufgabe im integrierten Format auszuwählen oder aus den vorhandenen Aufgaben vier zu bestimmen, die zu einer strukturbetonenden Beispielsequenz kombinierbar waren. Schließlich waren wiederum vier Beispiele zu einer strukturbetonenden Beispielsequenz zu kombinieren, wobei nun auch das richtige Format zu beachten war (22 Punkte).

Nach der Bearbeitung der Auswahlaufgaben hatten die Teilnehmenden eine strukturbetonende Beispielsequenz zu generieren, wobei die einzelnen Beispiele im integrierten Format zu gestalten waren. Die entsprechende Leistung wurde nach vordefinierten Kriterien bewertet (12 Punkte). Mit der Kombination von Auswahl- und Generierungsaufgaben sollte den Anforderungen Rechnung getragen werden, dass Lehrende einerseits aus vorhandenen Lehrmaterialien geeignete Lösungsbeispiele auswählen, andererseits aber auch selbst entsprechende Aufgaben entwickeln können sollten.

Fragebogen zur Akzeptanz und zum subjektiven Lernerfolg. Nach Bearbeitung des Nachtests erhielten die Teilnehmenden einen Fragebogen, mit dem neben demographischen Daten, die Akzeptanz der Lernumgebung (im Sinne einer generell positiven Bewertung) und die subjektive Einschätzung des Lernerfolgs durch die Teilnehmenden erfragt wurden. Die einzelnen Items wurden anhand einer 6-stufigen Skala beantwortet. Die *Akzeptanz* wurde über 19 Items erfasst (z.B. "Die Inhalte des Programms waren verständlich dargeboten"); es ergab sich ein Cronbach's Alpha von .74. Vier Items erfassten den *subjektiven Lernerfolg* (z.B. "Bitte geben Sie sich eine Note für Ihre jetzigen Kenntnisse in der Gestaltung von Lösungsbeispielen"); ein Cronbach's Alpha von .71 wurde für diese Skala errechnet.

Die Auswertung der schriftlichen Selbsterklärungen. Bei der Bearbeitung des Lernprogramms wurden die Lernenden der Bedingung, die ausschließlich Aufforderungen zur Selbsterklärung beinhaltete, insgesamt dreizehn Mal aufgefordert, ihre Gedanken in ein dafür vorgesehenes Textfeld zu notieren. Die Lernenden der Bedingung mit instruktionalen Erklärungen erhielten sechs Selbsterklärungsaufforderungen, die mit den sechs letzten Aufforderungen der Gruppe mit ausschließlich Selbsterklärungsaufforderungen in Inhalt und Position identisch waren. Nach Chi et al. (1994) sind Selbsterklärungen Erklärungen der Lernenden, die über eine reine Paraphrasierung

der dargebotenen Inhalte hinausgehen. Diese allgemeine Kategorisierung schien jedoch für eine differenzierte Erfassung der Wirkung von Selbsterklärungen auf den Lernerfolg nicht ausreichend. Renkl (1997) stellte in seiner Studie fest, dass verschiedene Formen von Selbsterklärungen (beispielsweise antizipatorisches Schließen oder prinzipienbasierte Selbsterklärungen) lernförderlich sein können. Daher wurden die schriftlichen Selbsterklärungen nach einem spezifisch entwickelten Kodiersystem ausgewertet, mit dem Ziel qualitative Unterschiede zu erfassen. Es wurde eine Einordnung der Elaborationen in folgende Kategorien vorgenommen:

1. *Zusammenhang zwischen den Prinzipien der Beispielgestaltung und den präsentierten Beispielproblemen* (z.B. "Hier sind die Variablen direkt bei den Werten genannt, so dass keine Zuordnungsschwierigkeiten entstehen."),
2. *Bezug zu Lernzielen* (integriertes Format oder strukturbetonende Beispielsequenz) (z.B. "Eine unterschiedliche Darstellung hat nicht unbedingt eine andere Rechenmethode zur Folge."),
3. *Mathematische Inhalte der gelösten Beispielprobleme* (Strahlensatz oder Kinematik) (z.B. "Es wird jedes Mal eine Geschwindigkeit gesucht."),
4. *Metakognitive Elaborationen* (z.B. "Mir fällt jetzt im Moment die Lösung nicht ein."),
5. *Falsche Elaborationen* (z.B. „Im Fraktionierten Format ist es einfacher, denn die gesuchten/gegebenen Strecken sind nicht unnötig durch Rechnungen in der Abbildung abgelenkt.“),
6. *Irrelevantes* (z.B. „Wenn die Linien [der Graphik] bunt wären, fände ich das schöner“).

Mit den Hauptkategorien als Ausgangsbasis wurden die Selbsterklärungen in Sinneinheiten segmentiert, so dass jedem Segment genau eine Kategorie zuzuordnen war. Ein Segment konnte demnach aus einem Satz bestehen oder aber, was häufig vorkam, aus mehreren Aussagen, die sich inhaltlich jedoch mit einer „Idee“ auseinandersetzten, z.B., dass in eben jenem Lösungsbeispiel die Beschleunigung zu berechnen war.

Die einzelnen Kategorien waren sehr ungleichmäßig verteilt und manche Kategorien kamen kaum vor. Bei weitem am häufigsten waren lernzielbezogene Äußerungen ($M = 10.82$, $SD = 3.99$) gefolgt von Aussagen, die sich auf die mathematischen Inhalte der Beispiele bezogen ($M = 3.79$, $SD = 2.00$). Ebenfalls noch relativ häufig waren falsche Elaborationen ($M = 2.03$, $SD = 1.66$). Aussagen, die einen Bezug zwischen dem dargebotenen Beispiel und den Prinzipien der Beispielgestaltung herstellten ($M = .38$, $SD = .60$), metakognitive Elaborationen ($M = .41$, $SD = 1.02$) aber auch irrelevante Elaborationen ($M = .71$, $SD = 1.12$) wurden dagegen im Verlauf der Bearbeitung des Lernprogramms durchschnittlich weniger als einmal vorgenommen. Korrespondierende Einzelwerte wären hier nicht reliabel gewesen. Es wur-

de deshalb ein Gesamtwert der korrekten Selbsterklärungen (absolute Häufigkeiten) gebildet, bei dem die Kategorien (1) Prinzipienbasierte Elaborationen, (2) lernzielbezogene Elaborationen, (3) Elaborationen, die sich auf die mathematischen Inhalte bezogen, und (4) metakognitive Elaborationen zusammengefasst wurden. Zum anderen wurde die relative Menge an korrekten Selbsterklärungen bestimmt, indem die Summe der korrekten Selbsterklärungen durch die Anzahl der Aufforderungen dividiert wurde. Ein äquivalenter Wert wurde für die Gesamtheit aller Elaborationen berechnet. Dies schien sinnvoll, um über beide Versuchsbedingungen hinweg die Selbsterklärungsaktivität der unterschiedlichen Zielgruppen vergleichen zu können, bzw. um feststellen zu können, ob sich in der Versuchsbedingung mit instruktionalen Erklärungen, diese negativ auf die anschließende Selbsterklärungsaktivität auswirken.

Dreißig Prozent der schriftlichen Elaborationen wurden unabhängig von zwei Personen kodiert. Nachdem sich die Kodiererübereinstimmung als gut erwiesen hat (Cohens $k = 0.79$), wurden die restlichen Elaborationen ausschließlich durch die Hauptkodiererin den Kategorien zugeordnet.

4. Ergebnisse

Allen Analysen wurde ein Signifikanzniveau von 5% zu Grunde gelegt. Falls nicht anders vermerkt, erfolgte die Signifikanztestung zweiseitig.

4.1 Voranalysen

Insgesamt konnten im Nachtest 34 Punkte erreicht werden, das Gesamtmitel lag bei 18.89 (SD = 7.17). Es ergaben sich damit weder Boden- noch Deckeneffekte. Die beiden Unterbereiche des Nachtests wurden zu einem Gesamtwert zusammengefasst, da sich erstens vergleichbare Ergebnismuster zeigten und die Werte zudem signifikant positiv korrelierten ($r = .34$; $p < .05$).

Die Nachtestleistung als Indikator für den Lernerfolg hing weder mit dem subjektiven Lernerfolg ($r = .08$; $p > .10$) noch mit der Akzeptanz der Lernumgebung ($r = -.04$; $p > .10$) zusammen. Die beiden Einschätzungen der Lernenden korrelierten jedoch signifikant miteinander ($r = .63$; $p < .01$); d.h. Lernende, die ihren Lernerfolg höher einschätzten, tendierten auch zu höheren Akzeptanzurteilen.

Die Lernzeit, die die Teilnehmenden für das Lernprogramm aufwendeten, kovarierte nicht mit dem Lernerfolg ($r = .00$ $p > .10$), auch in den einzelnen experimentellen Subgruppen ergaben sich keine bedeutsamen Beziehungen zwischen Lernzeit und Lernerfolg (alle $ps > .10$).

4.2 Selbsterklärungsaktivität, domänenspezifisches Vorwissen und Lernerfolg

Insgesamt notierten die Lernenden unabhängig von den Versuchsgruppen durchschnittlich $M = 10.84$ (SD = 3.64) Elaborationen in die entsprechen-

den Textfelder. $M = 7.06$ ($SD = 3.78$) dieser Elaborationen konnten als korrekte Selbstklärungen entsprechenden Kategorien zugeordnet werden. Der Einfluss der Anzahl korrekter Selbstklärungen ist für den Lernerfolg von Bedeutung, d.h. je mehr korrekte Selbstklärungselaborationen niedergeschrieben wurden, desto größer war der Lernerfolg ($r = .39, p < .01$). Dies galt auch, wenn man die an der Anzahl der Aufforderungen relativierte Anzahl der korrekten Selbstklärungen betrachtete ($r = .49, p < .01$). Dass bei dem Einfluss auf den Lernerfolg die Qualität der Selbstklärungen ausschlaggebend ist, zeigt sich daran, dass der Gesamtwert aller Elaborationen, also jener Wert, in den sowohl korrekte Selbstklärungen als auch falsche Selbstklärungen und „irrelevante“ Äußerungen einfließen, nicht signifikant mit dem Lernerfolg korreliert ($r = .20, p > .10$, bzw. relativiert an der Anzahl der Prompts, $r = .03, p > .10$).

Der Vortest (Vorwissen über die mathematisch-physikalischen Inhalte der Lösungsbeispiele: „Strahlensatz“ und „Kinematik“) korrelierte ebenfalls signifikant mit dem Lernerfolg (Nachtest) ($r = .31; p < .05$). Demnach ist das Wissen über die Domäne für den Erwerb von Wissen über das Design und die Kombination von entsprechenden Lösungsbeispielen bedeutsam. Der Vortest korrelierte jedoch nicht mit der Selbstklärungsaktivität (korrekte Selbstklärungen relativiert an der Anzahl der Prompts), ($r = .03, p > .10$). Das Ergebnis einer multiplen Regression bestätigte, dass sowohl das domänenspezifische Vorwissen als auch die Selbstklärungsaktivität (korrekte Selbstklärungen relativiert an der Anzahl der Selbstklärungsaufforderungen) signifikant zum Lernerfolg beitragen ($R^2 = .33, p < .001$ mit $\beta SE = .48, p < .001$ und β Vortest = $.29, p < .05$).

4.3 Experimentelle Effekte auf Lernerfolg, Selbstklärungsaktivität, Akzeptanz und subjektiven Lernerfolg

Tabelle 1 zeigt zusammenfassend die Mittelwerte und Standardabweichungen des Vortests, der Lernzeit, der schriftlichen Elaborationen, der korrekten Selbstklärungen, des Nachtests und der Lernendeneinschätzungen in den Experimentalgruppen. Die Überprüfung der Voraussetzungen für die Varianzanalysen ergab keine signifikante Abweichung der Verteilung von der Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Z in allen Gruppen < 1) und keine Heterogenität der Varianzen zwischen den Gruppen (Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianz, alle $F < 1$; Ausnahme: relative Selbstklärungshäufigkeit; da hier nur eine Varianzinhomogenität auftritt und die Varianzanalyse gegenüber dieser Voraussetzungsverletzung relativ robust ist, wurden dennoch durchgängig Varianzanalysen zur Auswertung von Gruppenunterschieden eingesetzt).

Objektiver Lernerfolg. Eine ANOVA zur Analyse von Gruppenunterschieden hinsichtlich des domänenspezifischen Vorwissens ergab einen signifikanten Haupteffekt der Studienart ($F = 14.32, p < .01, \eta^2 = .25$). Die Stu-

Tab. 1: Mittelwerte (Standardabweichungen) des Vortests der Lernzeit, der absoluten und relativen Elaborationen sowie der absoluten und relativen korrekten Selbsterklärungen, der Akzeptanz, der Einschätzung des subjektiven Lernerfolgs und der Lernleistung der jeweiligen experimentellen Gruppen.

	PH-Studierende mit Selbst-erklärungs-aufforderungen	PH-Studierende mit Selbst-erklärungs-aufforderungen & instruktionalen Erklärungen	UNI-Studierende mit Selbst-erklärungs-aufforderungen	UNI-Studierende mit Selbst-erklärungs-aufforderungen & instruktionalen Erklärungen
Vortest	2.40 (1.08)	1.57 (0.76)	3.14 (0.77)	2.90 (1.20)
Lernzeit	34.53 (6.91)	33.24 (8.55)	36.76 (9.25)	35.31 (8.76)
Elaborationen (abs.)	14.10 (0.74)	7.5 (1.56)	14.43 (1.28)	7.60 (0.97)
Elaborationen (rel.)	1.08 (0.06)	1.23 (0.27)	1.10 (0.10)	1.27 (0.16)
Korrekte Selbsterklärungen (abs.)	8.80 (2.57)	3.57 (2.21)	10.64 (2.62)	5.20 (2.25)
Korrekte Selbsterklärungen (rel.)	0.68 (0.20)	0.60 (0.37)	0.82 (0.20)	0.87 (0.38)
Akzeptanz	2.62 (0.48)	2.97 (0.63)	2.52 (0.35)	2.91 (0.68)
Subjektiver Lernerfolg	3.21 (0.60)	3.64 (1.00)	3.52 (0.91)	3.74 (0.95)
Lernleistung (Nachtest)	17.93 (6.17)	13.24 (6.31)	21.62 (5.38)	23.94 (6.08)

dierenden der Universität verfügten über ein größeres domänenspezifisches Vorwissen als die Studierenden der Pädagogischen Hochschule. Es ergab sich kein signifikanter Effekt der instruktionalen Maßnahme ($F = 3.83$, $p > .05$) und auch keine Interaktion der instruktionalen Maßnahme mit der Studienart ($F = 1.15$, $p > .10$). Die Variable Vortest wurde dementsprechend als Kovariate eingeführt. Tests auf Unterschiede in den Regressionssteigungen zwischen Vortest und Lernerfolg in den einzelnen experimentellen Gruppen ergaben keine bedeutsamen Unterschiede (alle F s < 1), so dass die entsprechende Voraussetzung für die Kovarianzanalyse gegeben war.

Zur Analyse des Lernerfolgs wurde eine ANCOVA mit den Faktoren „Versuchsbedingung“ (ausschließliche Selbsterklärungsaufforderungen versus Kombination von Selbsterklärungsaufforderungen und instruktionalen Erklärungen) und „Studienart“ (Studierende mit didaktisch orientierter Ausbildung versus Studierende mit fachlich orientierter Ausbildung) unter Einbezug des Vortestergebnisses als Kovariate durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten keinen signifikanten Einfluss der Versuchsbedingung auf die Lernleistung ($F(1, 40) = 1.20$, $p > .10$). Es ergab sich ebenfalls kein signifikanter Effekt der Studienart ($F < 1$). Jedoch zeigte sich eine signifikante Interakti-

on der Versuchsbedingung mit der Studienart ($F(1, 40) = 5.61, p < .05, \eta^2 = .12$) (vgl. Abb. 2).

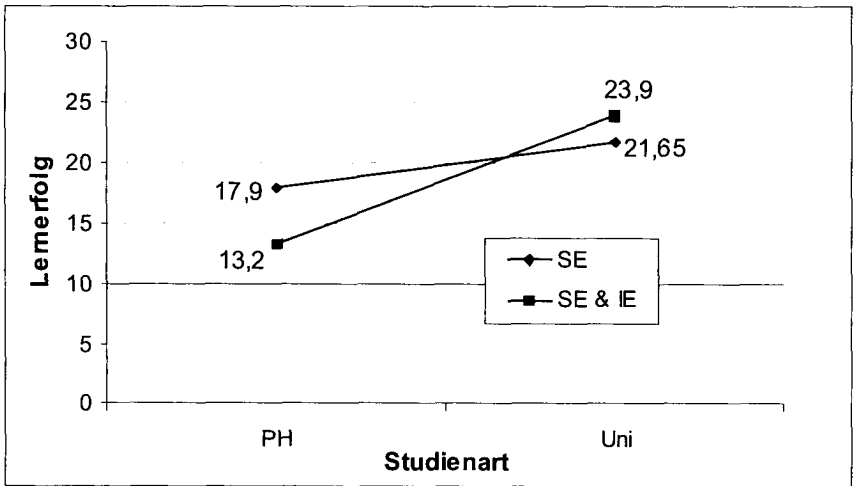


Abb. 2: Lernergebnisse in den experimentellen Gruppen

Der Interaktionseffekt ist wie folgt zu interpretieren: Während die Studierenden der Pädagogischen Hochschule mit der Programmversion mit ausschließlichen Selbsterklärungsaufforderungen ($M = 17.93$; $SD = 5.38$) ein besseres Lernergebnis erzielten als mit der Programmversion, die einen Übergang von instruktionalen Erklärungen zu Selbsterklärungsaufforderungen beinhaltete ($M = 13.24$; $SD = 6.31$), führte bei den Studierenden der Universität der Übergang von instruktionalen Erklärungen zu Selbsterklärungsaufforderungen zum höheren Lernerfolg ($M = 23.94$; $SD = 6.08$) als die ausschließliche Selbsterklärungsaufforderung ($M = 21.62$; $SD = 6.17$) (vgl. Abb. 2). Es wurde überprüft, inwieweit diese Unterschiede im Lernerfolg durch Unterschiede in der Selbsterklärungsaktivität erklärt werden konnten.

Selbsterklärungsaktivität der Lernenden. Wie bereits dargelegt, wurde die Art der Kombination von Selbsterklärungen und instruktionalen Erklärungen in dieser Studie gegenüber Schworm und Renkl (2002a, 2002b) geändert, um einen negativen Einfluss der instruktionalen Erklärungen auf die Selbsterklärungsaktivität zu vermeiden. Um den Erfolg dieser Maßnahme zu überprüfen wurde eine ANOVA mit zwei Faktoren (Versuchsbedingung und Studienart) durchgeführt. Setzt man die absolute Anzahl korrekter Selbsterklärungen als abhängige Variable ein, so ergab sich erwartungsgemäß ein signifikanter Haupteffekt der Versuchsbedingung ($F(1, 40) = 56.68, p < .001, \eta^2 = .56$). Erwartungsgemäß war dieser Effekt, da die Gruppe mit ausschließlichen Selbsterklärungsaufforderungen doppelt so viele Möglichkeiten hatte Selbsterklärungen vorzunehmen, wie die Gruppe mit einer Kombination von Selbsterklärungsaufforderungen und instruktionalen Er-

klärungen. Es zeigte sich ebenfalls ein Haupteffekt der Studienart ($F(1, 40) = 6.00$ $p > .05$, $\eta^2 = .12$). Studierende der Universität generierten im Durchschnitt mehr korrekte Selbsterklärungen als Studierende der Pädagogischen Hochschule. Jedoch ergab sich keine Interaktion von Studienart und Versuchsbedingung ($F < 1$).

Relativierte man das Maß der Selbsterklärungsaktivität an der Anzahl der vorgegebenen Selbsterklärungsaufforderungen, zeigte sich kein Unterschied zwischen den Versuchsgruppen ($F < 1$), und ebenfalls keine Interaktion mit der Studienbedingung ($F < 1$). Der Unterschied zwischen den Studienarten blieb jedoch bestehen ($F(1, 44) = 5.61$ $p > .05$, $\eta^2 = .11$). Dies zeigt, dass sich die Selbsterklärungsaktivität in Relation zu der Anzahl der Aufforderungen zwischen den Gruppen nicht unterschied. Die Vorgabe von instruktionalen Erklärungen hat demnach die anschließende Selbsterklärungsaktivität nicht negativ beeinflusst. Auch relativiert an der Anzahl der Aufforderungen zeigten Studierende der Pädagogischen Hochschule ($M = .63$, $SD = .31$) eine geringere Selbsterklärungsaktivität als Universitätsstudierende ($M = .84$, $SD = .28$). Sie nahmen also nicht nur insgesamt, sondern auch pro Selbsterklärungsaufforderung weniger korrekte Selbsterklärungen vor.

Dabei ist der Unterschied zwischen den Studierendengruppen jedoch nicht vorrangig quantitativer Natur. Betrachtet man nämlich die Gesamtmenge der Elaborationen, also nicht nur die korrekten Selbsterklärungen, sondern zusätzlich die falschen Selbsterklärungen und „irrelevanten“ Äußerungen, so zeigen sich *keine* Unterschiede zwischen den Studierendengruppen, weder in der Gesamtzahl der Elaborationen ($F < 1$) noch in der Anzahl der Elaborationen relativiert an der Anzahl der Selbsterklärungsaufforderungen ($F < 1$). Bezüglich der Versuchsgruppen ergab die durchgeführte ANOVA mit der absoluten Gesamtzahl an Elaborationen erwartungsgemäß einen signifikanten Haupteffekt ($F(1, 44) = 349.43$, $p < .001$, $\eta^2 = .89$), jedoch keinen Interaktionseffekt ($F < 1$). Die an der Anzahl der Prompts relativierte Gesamtzahl an Elaborationen als abhängige Variable ergab ebenfalls einen signifikanten Haupteffekt der Versuchsbedingung ($F(1, 44) = 9.00$ $p < .01$, $\eta^2 = .17$). Relativ zu der Anzahl der Prompts elaborierten demnach die Probanden, die mit der Lernumgebung lernten, die instruktionale Erklärungen enthielt, mehr als jene die ausschließlich Selbsterklärungsaufforderungen erhielten. Es zeigte sich hier keine signifikante Interaktion mit der Studienart ($F < 1$).

Akzeptanz der Lernumgebung und subjektiver Lernerfolg. Die verschiedenen Lernbedingungen unterschieden sich substanziell in der Akzeptanz. Die Programmversion mit den instruktionalen Erklärungen wird dabei von den Lernenden positiver wahrgenommen als die Programmversion, die ausschließlich Selbsterklärungsaufforderungen beinhaltete ($F(1, 44) = 5.5$, $p < .05$, $\eta^2 = .11$). Es zeigten sich hier keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Studierendengruppen ($F < 1$), und auch keine Interaktion ($F < 1$).

Im subjektiven Lernerfolg zeigten sich, trotz der Unterschiede im objektiven Lernerfolg, keinerlei Unterschiede. Weder gab es einen Unterschied zwischen den Versuchsbedingungen ($F(1, 44) = 1.53, p > .10$), noch zeigte sich ein Effekt der Studienart ($F < 1$). Auch die Interaktion der Faktoren war nicht statistisch bedeutsam, ($F < 1$). Hinsichtlich des subjektiven Lernerfolgs wären demnach beide Lernumgebungen gleichermaßen geeignet. Die Unterschiede in der Akzeptanz sprechen jedoch dafür, im Rahmen eines Lernprogramms das Modul mit instruktionalen Erklärungen einzusetzen.

5. Diskussion

Zusammenfassend lässt sich demnach, bezogen auf die Fragestellungen folgendes festhalten. Es ergaben sich Unterschiede zwischen Lehramtsstudierenden an der Pädagogischen Hochschule (didaktisch orientierte Ausbildung) und an der Universität (fachwissenschaftlich orientierte Ausbildung) im objektiven Lernerfolg. Ursachen dieser Unterschiede liegen einerseits im höheren domänenspezifischen Vorwissen der Universitätsstudierenden, andererseits jedoch in deren qualitativ hochwertigeren Verarbeitung der Lerninhalte während der Programmbearbeitung durch eine höhere Selbsterklärungsaktivität. Beide Faktoren – domänenspezifisches Vorwissen und Selbsterklärungsaktivität – tragen unabhängig voneinander substantiell zum Lernerfolg bei. Es zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Studiengruppen im subjektiven Lernerfolg und in der Akzeptanz der Lernumgebung (Fragestellung 1).

Der Übergang von instruktionalen Erklärungen zu Selbsterklärungen fördert den Lernerfolg beim Lernen aus gelösten Beispielpunkten in gleichem Maß wie die ausschließliche instruktionale Unterstützung durch Selbsterklärungsaufforderungen (Fragestellung 2). Dabei zeigte sich kein negativer Einfluss der instruktionalen Erklärungen auf die Selbsterklärungsaktivität betrachtet man diese in Relation zu den vorhandenen Selbsterklärungsaufforderungen. Im Gegenteil, bleiben qualitative Aspekte unberücksichtigt, nehmen die Lernenden in der Gruppe mit instruktionalen Erklärungen, relativiert an der Anzahl der Prompts sogar mehr Elaborationen vor (Fragestellung 3). Abschließend lässt sich festhalten, dass die verschiedenen Lernumgebungen nicht zu unterschiedlichen Einschätzungen des subjektiven Lernerfolgs der Probanden führen, die Lernumgebung mit den instruktionalen Erklärungen jedoch von den Lernenden in weit größerem Maß akzeptiert wird (Fragestellung 4).

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der Übergang von instruktionalen Erklärungen zu Selbsterklärungsaufforderungen – zumindest insgesamt gesehen – eine ebenso geeignete instruktionale Maßnahme ist, wie die ausschließliche Vorgabe von Selbsterklärungsaufforderungen. Die Lernenden erzielten beim Lernen aus gelösten Beispielpunkten mit der Lernumgebung, die instruktionale Erklärungen enthielt ebenso gute Lernergebnisse

wie jene, die ausschließlich durch Selbsterklärungsaufforderungen instruktional unterstützt wurden. Verglichen mit der Studie von Schworm und Renkl, (2002a, 2002b), in der die zusätzliche Möglichkeit, instruktionale Erklärungen aufzurufen, dem Lernerfolg abträglich war, ergeben sich demnach aus dieser Studie einige positive Ansatzpunkte für den Einsatz von instruktionalen Erklärungen im Rahmen eines Lernprogramms, die allerdings auf die Gruppe der Universitätsstudierenden beschränkt bleiben. Daneben lässt sich in dieser Studie auch die höhere Akzeptanz einer solchen Lernumgebung aufzeigen. Die Lernenden bewerten die Möglichkeit instruktionale Erklärungen aufzurufen, bzw. deren Vorgabe durch das Programm als positiv. Die "Befürchtung", dass instruktionale Erklärungen die anschließend erforderliche Generierung von Selbsterklärungen behindert, hat sich nicht bestätigt. In Relation zu der Anzahl der Aufforderungen bleibt die Selbsterklärungsaktivität konstant.

Die Vorgabe instruktionaler Erklärungen ist allerdings nicht für alle Lernenden positiv. Studierende der Pädagogischen Hochschule erzielen einen höheren Lernerfolg mit der Programmversion, die ausschließlich Selbsterklärungsaufforderungen enthält, während bei den Universitätsstudierenden die Programmversion mit instruktionalen Erklärungen zu besseren Ergebnissen führt. Der Einfluss der Studienart lässt den Schluss zu, dass der Einsatz instruktionaler Erklärungen differenziert gehandhabt werden sollte. Nicht alle Lernenden lernen gleichermaßen effektiv mit einer solchen unterstützenden Maßnahme (vgl. Alevén, Stahl, Schworm, Fischer & Wallace, 2003).

Dieser Interaktionseffekt kann zum Teil durch Unterschiede in der Selbsterklärungsaktivität zwischen Studierenden der Pädagogischen Hochschule und Studierenden der Universität erklärt werden. Die Regressionsanalyse ergab, dass sowohl domänenspezifisches Vorwissen als auch die Menge korrekter Selbsterklärungen substanziell zum Lernerfolg beitragen. Universitätsstudierende generieren über die Versuchsbedingungen hinweg mehr korrekte Selbsterklärungen. Die Bedingung mit instruktionalen Erklärungen führt bei den Studierenden der Pädagogischen Hochschule zu einer sehr geringen Anzahl der lernförderlichen Selbsterklärungen, da diese Programmversion erstens eine reduzierte Anzahl von Selbsterklärungsaufforderungen beinhaltet und zweitens die Studierenden der Pädagogischen Hochschule auf die einzelnen Aufforderungen nur mit wenig korrekten Selbsterklärungen reagieren. Wenn hingegen – wie in der reinen Selbsterklärungsgruppe – viele Selbsterklärungsaufforderungen erfolgen, fällt die vergleichsweise geringe Selbsterklärungsaktivität pro Aufforderung weniger ins Gewicht.

Im Gegensatz dazu generieren die Universitätsstudierenden bei den einzelnen Selbsterklärungsaufforderungen in stärkerem Maß korrekte Selbsterklärungen, so dass diese auch unter der Bedingung mit instruktionalen Erklärungen, die ja nur eingeschränkte Möglichkeiten der Selbsterklärung bietet,

insgesamt zu einer für den Lernerfolg noch ausreichenden Selbsterklärungsaktivität kommen. Bei vielen Aufforderungen könnten – wie die Befunde von Pirolli und Recker (1994) nahe legen – die Selbsterklärungen mit der Zeit redundant und damit weniger lernförderlich werden. Für diese Interpretation spricht die folgende post-hoc-Auswertung. Während die Gesamtanzahl korrekter Selbsterklärungen in der Gruppe der Studierenden der Pädagogischen Hochschule signifikant positiv mit dem Lernerfolg korreliert ($r = .51$; $p < .05$), zeigt sich bei den Universitätsstudierenden kein solcher Zusammenhang ($r = .01$; $p > .10$). Auf dem sehr hohen Niveau der letztgenannten Studierendengruppen bringt ein mehr an korrekten Selbsterklärungen kaum noch zusätzlichen Nutzen. Da sich die Studierendengruppen in der Gesamtmenge ihrer Elaborationen nicht unterscheiden (wohl aber in der Menge der lernförderlichen Selbsterklärungen), wäre Gegenstand weiterer Forschung die Suche nach den Ursachen der qualitativen Unterschiede in der Selbsterklärungsaktivität.

Der fehlende Zusammenhang zwischen der Selbsterklärungsaktivität und dem domänenspezifischen Vorwissen, legt den Schluss nahe, dass hier ein weiterer, bisher unberücksichtigter Einflussfaktor vorliegt. Für den zukünftigen Einsatz von Selbsterklärungsaufforderungen in computerbasierten Lernumgebungen wäre es bedeutsam, herauszufinden, welcher Faktor bedingt, dass bestimmte Lernende (hier Universitätsstudierende) mehr lernförderliche Selbsterklärungen generieren als andere (hier Studierende der Pädagogischen Hochschule).

Unabhängig von der Studierendengruppe zeigt sich der Unterschied in dem Zusammenhang zwischen Lernerfolg und Selbsterklärungsaktivität auch zwischen den beiden Versuchsbedingungen. In der kombinierten Bedingung, die insgesamt nur die Hälfte an Selbsterklärungsaufforderungen beinhaltet hat, korreliert die Selbsterklärungsaktivität (Summe korrekter Selbsterklärungen relativiert an der Anzahl der Selbsterklärungsaufforderungen) statistisch bedeutsam mit dem Lernerfolg ($r = .62$; $p < .01$). Jedoch gibt es keinen statistisch bedeutsamen Zusammenhang in der Gruppe mit ausschließlich Selbsterklärungsaufforderungen ($r = .17$; $p > .10$). In der Gruppe mit instruktionalen Erklärungen scheint demnach eine hohe Selbsterklärungsaktivität – aufgrund der verringerten Anzahl an Möglichkeiten – für den Lernerfolg besonders förderlich zu sein.

Vermutlich liegt der Unterschied im Lernerfolg zwischen den Studierenden der Pädagogischen Hochschule und den Studierenden der Universität jedoch nicht ausschließlich in den ausgeführten Selbsterklärungsaktivitäten, sondern auch in der Verarbeitung der instruktionalen Erklärungen. Die Studierenden unterscheiden sich potenziell in der kognitiven Belastung, die die instruktionalen Erklärungen produzieren. Für geringere kognitive Eingangsvoraussetzungen der Studierenden der Pädagogischen Hochschule, spricht beispielsweise das schlechtere Ergebnis im domänenspezifischen

Vorwissen in dieser Untersuchung oder auch die schlechteren Ergebnisse in einem Kreativitätstest, der von Schworm und Renkl (2002a, 2002b) als Vortest durchgeführt wurde. Die Vermutung, dass beim Erwerb von Wissen über Beispielgestaltung insbesondere Domänenwissen von Bedeutung ist, konnte bestätigt werden. Es zeigte sich, dass das domänenspezifische Vorwissen substanziell zum Ergebnis des Lernerfolgstests beiträgt. Reicht nun die Verarbeitungskapazität bei den Universitätsstudierenden mit gutem Vorwissen noch aus, führen die instruktionalen Erklärungen unter Umständen bei den Studierenden der Pädagogischen Hochschule mit ihrem niedrigen Vorwissen zu einer kognitiven Überlastung. Läge der Unterschied in diesem Bereich, so sollte eine Reduktion der Komplexität der instruktionalen Erklärungen hier Abhilfe schaffen.

Dass die Lernenden in beiden Bedingungen gleichermaßen viel Lernzeit benötigt haben, lässt den Rückschluss zu, dass ähnlich viel Zeit auf das Studium der instruktionalen Erklärungen verwendet wird, wie in der Bedingung mit ausschließlich Selbsterklärungsaufforderung auf die Generierung der entsprechenden Selbsterklärungen.

Des Weiteren lässt sich aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie ableiten, dass Hilfe (instruktionale Erklärungen) und Selbsterklärungsaufforderungen zeitlich getrennt darzubieten sind. Dadurch können gegenseitig störende Einflüsse der instruktionalen Maßnahmen vermieden werden.

Generell lässt sich festhalten, dass eine beispielbasierte Lernumgebung neben Selbsterklärungsaufforderungen auch instruktionale Erklärungen enthalten sollte, da diese wesentlich zur Akzeptanz der Lernumgebung beitragen. Damit die instruktionalen Erklärungen sich nicht störend auf die Selbsterklärungsaktivität auswirken, sollten sie als instruktionale Maßnahme zeitlich getrennt von Selbsterklärungsaufforderungen eingesetzt werden. Sowohl der Einsatz von Selbsterklärungsaufforderungen als auch der Einsatz instruktionaler Erklärungen sollte auf das domänenspezifische Vorwissen der Lernenden abgestimmt werden, um einen suboptimalen Lernerfolg durch Redundanz oder zu hohe kognitive Belastung zu vermeiden.

Literatur

- Aleven, V. & Koedinger, K. R. (2000). Limitations of student control: Do students know when they need help? In G. Gauthier, C. Frasson, & K. VanLehn (Eds.), *Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS 2000* (pp. 292-303). Berlin: Springer Verlag.
- Aleven, V., Stahl, E., Schworm, S., Fischer, F., & Wallace R. (2003). Help Seeking and Help Design in Interactive Learning Environments. *Review of Educational Research*, 73, 277-320.
- Atkinson, R. K., Renkl, A., & Merrill, M. M. (2003). Transitioning from studying examples to solving problems: Effects of self-explanation prompts and fading worked-out steps. *Journal of Educational Psychology*, 95, 774-783.

- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A., & Wortham, D. W. (2000). Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. *Review of Educational Research*, 70, 181-214.
- Baumert, J., (Hrsg.).(2001). PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Deutsches PISA-Konsortium. Opladen: Leske & Budrich.
- Baumert, J., Bos, W. & Lehmann, R. (Hrsg.). (2000). TIMSS/III. Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Opladen: Leske & Budrich.
- Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M., Schmitz, B., Clausen, M., Hosenfeld, I., Köller, O. & Neubrand, J. (1997). TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske + Budrich.
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.
- Chi, M. T. H., DeLeeuw, N., Chiu, M. H. & La Vancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.
- Gerjets, P., Scheiter, K., & Kleinbeck, S. (in Druck). Instructional examples in hypertext-based learning and problem solving: Comparing transformational and derivational approaches to example design. In H. M. Niegemann, R. Brünken, & D. Leutner (Eds.), *Instructional design for multimedia learning*. Münster: Waxmann.
- Kulhavy, R. W. (1977). Feedback in written instruction. *Review of Educational Research*, 47, 211-232.
- Lind, G. & Sandman, A. (2003). Lernstrategien und Domänenwissen. *Zeitschrift für Psychologie*, 211, 171-192.
- Mayer, R. E. (1997). Multimedia Learning: Are we asking the right questions. *Educational Psychologist*, 32, 1-19.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38, 43-52.
- Mwangi, W. & Sweller, J. (1998). Learning to solve compare word problems: The effect of example format and generating self-explanations. *Cognition and Instruction*, 16, 173-199.
- Pirolli, P. & Recker, M. (1994). Learning strategies and transfer in the domain of programming. *Cognition and Instruction*, 12, 235-275.
- Quilici, J. L. & Mayer, R. E. (1996). Role of examples in how students learn to categorize statistics word problems. *Journal of Educational Psychology*, 88, 144-161.
- Renkl, A. (1997). Learning from worked-out examples: A study on individual differences. *Cognitive Science*, 21, 1-29.
- Renkl, A. (1999). Learning mathematics from worked-out examples: Analyzing and fostering self-explanations. *European Journal of Psychology of Education*, 14, 477-488.
- Renkl, A. (2001). Explorative Analysen zur effektiven Nutzung von instruktionalen Erklärungen beim Lernen aus Lösungsbeispielen. *Unterrichtswissenschaft*, 29, 41-63.

- Renkl, A. (2002). Learning from worked-out examples: Instructional explanations supplement self-explanations. *Learning & Instruction*, 12, 149-176.
- Renkl, A. (in Druck). The worked-out-example principle in multimedia learning. In R. Mayer (Ed.), *Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Renkl, A., Gruber, H., Weber, S., Lerche, T., & Schweizer, K. (2003). Cognitive Load beim Lernen aus Lösungsbeispielen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17, 93-101.
- Renkl, A., Stark, R., Gruber, H., & Mandl, H. (1998). Learning from worked-out examples: The effects of example variability and elicited self-explanations. *Contemporary Educational Psychology*, 23, 90-108.
- Schworm, S. & Renkl, A. (2002a). Learning by solved example problems: Instructional explanations reduce self-explanation activity. In W. D. Gray & C. D. Schunn (Eds.), *Proceeding of the 24th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 816-821). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Schworm, S. & Renkl, A. (2002b). Lernen effektive Lösungsbeispiele zu erstellen: Ein Experiment zu einer computerbasierten Lernumgebung für Lehrende. *Unterrichtswissenschaft*, 30, 7-26.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.
- Tarmizi, R. A., & Sweller, J. (1988). Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 80, 424-436.
- Ward, M. & Sweller, J. (1990). Structuring effective worked examples. *Cognition and Instruction*, 7, 1-39.

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. Alexander Renkl, Psychologisches Institut, Abteilung Pädagogische Psychologie, Universität Freiburg, Engelbergerstr. 41, D-79085 Freiburg. E-mail: renkl@psychologie.uni-freiburg.de